

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-194127

(43)Date of publication of application : 19.07.2001

(51)Int.Cl.

G01B 11/24

G01B 11/00

G01B 11/16

G06T 1/00

G06T 7/60

(21)Application number : 2000-135061

(71)Applicant : SHISEIDO CO LTD

(22)Date of filing : 08.05.2000

(72)Inventor : TSUTA NORIO
IWAMOTO TAKESHI
FUJIMURA TOMOHIRO
KONO TOSHIO
KANEKO OSAMU

(30)Priority

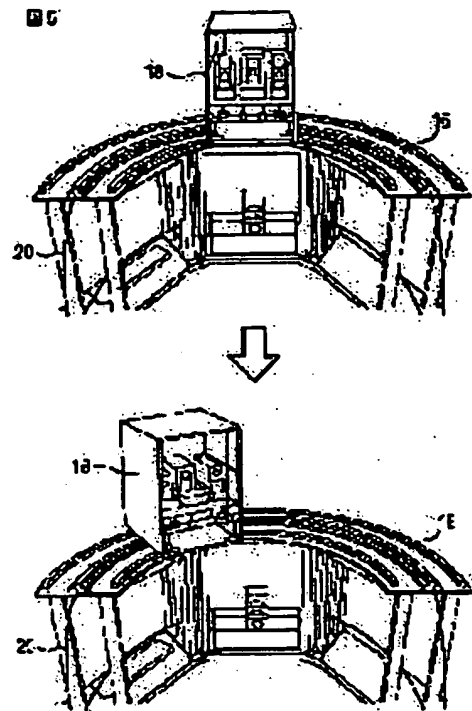
Priority number : 11132916 Priority date : 13.05.1999 Priority country : JP

(54) **THREE-DIMENSIONAL SHAPE MEASURING APPARATUS AND METHOD AND
AUTOMATIC DETECTION SYSTEM FOR SHAPE, DISTORTION AND STRESS OF
FACIAL WRINKLE**

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To accurately measure the deformation process of a local area by accurately measuring the three-dimensional shape of an object which varies significantly in the direction of the normal vector of a local plane depending on place.

SOLUTION: A mobile measuring vehicle 18 carrying a camera 12 and a slit camera 28 is placed on a semicircumferential track fixing block 16. The camera 12 and the slit camera 28 are movable also in the vertical direction. To measure the deformation process of the local area, a soft fabric with a grating pattern thereon is affixed to the object.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-194127
(P2001-194127A)

(43) 公開日 平成13年7月19日 (2001.7.19)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト [*] (参考)
G 0 1 B 11/24		G 0 1 B 11/00	H 2 F 0 6 5
11/00		11/16	H 5 B 0 5 7
11/16		G 0 6 T 1/00	3 1 5 5 L 0 9 6
G 0 6 T 1/00	3 1 5		3 4 0 A
	3 4 0	7/60	2 0 0 G

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 18 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-135061 (P2000-135061)

(22) 出願日 平成12年5月8日 (2000.5.8)

(31) 優先権主張番号 特願平11-132916

(32) 優先日 平成11年5月13日 (1999.5.13)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

特許法第30条第1項適用申請有り 平成10年11月13日
社団法人日本機械学会発行の「第11回計算力学講演会講
演論文集」に発表

(71) 出願人 000001959

株式会社資生堂

東京都中央区銀座7丁目5番5号

(72) 発明者 薦 紀夫

広島県東広島市鏡山一丁目四番1号 広島

大学工学部内

(72) 発明者 岩本 剛

広島県東広島市鏡山一丁目四番1号 広島

大学工学部内

(74) 代理人 100077517

弁理士 石田 敬 (外4名)

最終頁に続く

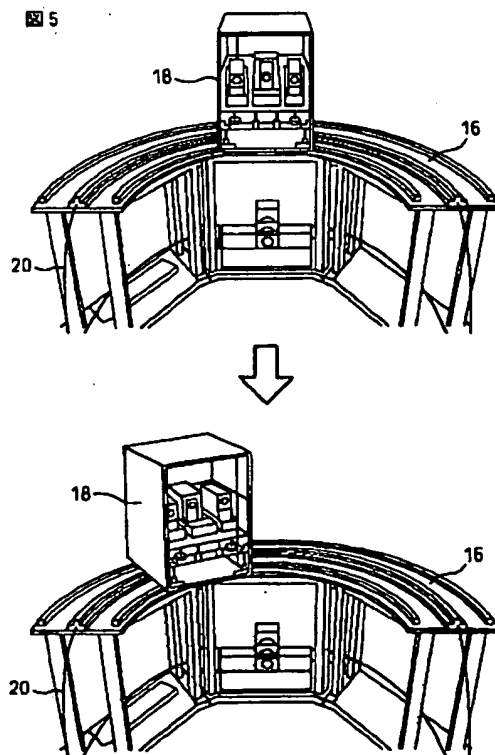
(54) 【発明の名称】 三次元形状測定装置および三次元形状測定方法、および表情しわの形状・ひずみ・応力の自動検出システム

(57) 【要約】

【課題】 局所平面の法線ベクトルの方向が場所によって著しく異なる対象の三次元形状を正確に測定し、局所領域の変形過程を正確に計測する。

【解決手段】 カメラ12およびスリット撮影機28を搭載した移動計測ビークル18を半円周軌道固定台16上に載せる。カメラ12およびスリット撮影機28は上下方向の移動も可能である。局所領域の変形過程の計測のためには、格子模様が描かれた柔軟な生地を対象に貼り付ける。

図5



【特許請求の範囲】

【請求項1】 可動体上に搭載された左カメラおよび右カメラと、

該可動体の動きを測定対象物の周囲の軌道に規制する規制手段と、

測定対象物の周囲の複数の位置から左カメラおよび右カメラが撮影した画像から測定対象物の三次元形状を計算する計算手段とを具備する三次元形状測定装置。

【請求項2】 表面に格子模様を有する柔軟なシート部材を測定対象物の表面に貼り付け、

該シート部材が貼り付けられた測定対象物の表面の動画を左カメラおよび右カメラで連続的に撮影し、

左カメラおよび右カメラでそれぞれ撮影された動画を解析して、時間とともに変化する測定対象物の三次元形状を決定するステップを具備する三次元形状測定方法。

【請求項3】 表情変化時に表情筋の収縮により生じる顔面ヒフの座屈表情しわの3次元変形形状、発生時間点、発生場所、しわ発生後の成長過程、およびしわ底ひずみやしわ底応力の時系列変化を任意の対象モデルについて自動的に検出する方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、三次元形状測定装置と三次元形状測定方法および表情しわの形状・ひずみ・応力の自動検出システムに関する。

【0002】

【従来の技術】特願平9-266881号には、顔の表面の三次元形状測定に適した手法として、計測対象を左カメラと右カメラで撮影し、計測対象表面上の特定の3次元点について、それに対応する左カメラおよび右カメラの時間的に同期した2つの平面画像上の対応点を特定する方法と、特定した2つの平面座標点から対象表面上の点の3次元座標を計算する方法と、この手続きを2つの平面画像の全点にくり返して、計測対象の3次元デジタル座標を求める方法とこの過程を、各(1/30秒毎の)時間点毎にくり返して得られる対象物体の3次元形状のデジタルデータの時間的変化から表情しわの発生点や、成長過程の3次元しわ形状のデジタルデータの刻々の分布を求める方法と、これらを特願平9-55193号に述べる有限要素法と組合せてヒフの各部の伸縮変化によるひずみや応力分布の時間変化を求める方法が提案されている。上記の出願には上述の目的のため一方の平面画像上の各点に対応する他方の平面画像上の点を迅速に決定するため、スライドプロジェクトによりマルチスリットを計測対象に投影することが提案されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】顔全体の三次元形状を測定する場合、人間の顔は場所によって局所平面の法線ベクトルの方向がかなり異なっているので、前述の従来

の方法のようにカメラをある一方向に固定して顔を撮影すると、カメラの向きと、顔の局所平面の法線ベクトルが大きく異なる場合は、得られる三次元座標に大きな誤差を生じる可能性があり、顔の部分によっては撮影自体が不可能な場合もある。

【0004】局所領域の表情変形過程は、これを正確に計測して得られる、表情筋の収縮による座屈現象として発生する対象物体の3次元デジタルデータの時系列データから表情しわの発生部位や発生時間点及びしわの成長過程の変形や、しわ底ひずみやしわ底応力集中(永久しわ生成の主原因として重要)などを任意の対象モデルについて正確に求められるようにする必要がある。このためには皮膚上の各点の三次元座標の変化を測定する前述のマルチスリット投影法では、皮膚の変形とともにスリットが投影される皮膚上の位置が変わるので、スリットの投影位置を基準とした場合、皮膚上の同一点についての三次元座標の時間的変化の測定は困難であるという問題がある。

【0005】したがって本発明の第1の目的は、顔全体の三次元形状を測定する場合のように局所平面の法線ベクトルの方向が場所によって著しく異なっている場合でも正確な三次元形状を測定することのできる三次元形状測定装置を提供することにある。本発明の第2の目的は、任意の対象モデルについて局所領域の表情変形過程の計測を自動的に行なうに適した三次元形状測定方法を提供することにある。本発明の第3の目的は、次の通りである。顔面表情筋は28種類あり、喜怒哀楽の各種の表情を作るために、それぞれに適した筋が組合せて収縮量を含めてバランスよく収縮する事により、顔面にはそれらに応じた表情が、形成される。その際顔面のヒフは表情筋の収縮に応じてヒフ面内で圧縮ひずみをうけ、これが略10%程度の一定値を越えると、ヒフはこれに耐えきれなくなって、座屈表情しわが発生し、それ以上の表情筋の収縮に応じて、表情しわが、成長する。(しわ深さが増加する)これらは喜怒哀楽の表情のタイプに応じて、主役となる表情筋が異なるため、顔面の各部には、表情タイプに応じた表情しわが顔面各部に発生する。このとき、しわ底には、過大な圧縮応力集中が生じるが、これらを *in vivo* 状態で定量的に検出する方法はこれまでのところ明らかにされていない。しかし、ヒフは粘弾性体であるために、これらのしわが数秒から数十秒程度継続されると、しわ底には、この圧縮応力集中の大きさに応じたクリープひずみ(非回復のひずみ)が残留蓄積し、これらが年毎に蓄積されると、(成長期以降(30才前後)のヒフの劣化と呼応して)たとえ無表情時でも永久しわがそのしわ線に沿って、残留・蓄積するようになる。これらは中年以降の顔の美容科学上重要な問題となる。またこれらの永久しわの発生過程の解明は、以後の永久しわ回復機構の究明に重要な示唆を与える。本発明の第3の目的は、表情タイプに応じて特定さ

れるそれぞれの局所領域において、顔面表情しわの発生部位、しわピッチ、発生時間点と対応する表情筋収縮量との関係、成長過程のしわの変形形状や、しわ底応力集中（広島大学研究報告、46、p59～71併用）などを *in vivo* 状態で、任意の対象モデルについて正確に求める手段を提供する事にある。（この手段が確立されれば、中年以降に目立ち始める永久しわの発生原因や成長過程及びしわ取りのための研究基盤が確立される。）

【0006】

【課題を解決するための手段】前述の第1の目的は、可動体上に搭載された左カメラおよび右カメラと、該可動体の動きを測定対象物の周囲の軌道上に規制する規制手段と、測定対象物の周囲の複数の位置から左カメラおよび右カメラが撮影した画像から測定対象物の三次元形状を計算する計算手段とを具備する三次元形状測定装置によって達成される。

【0007】前述の第2の目的は、表面に格子模様を有する柔軟なシート部材を測定対象物の表面に貼り付け、該シート部材が貼り付けられた測定対象物の表面の動画を左カメラおよび右カメラで連続的に撮影し、左カメラおよび右カメラでそれぞれ撮影された動画を解析して、

$$\begin{bmatrix} T_{11} & T_{21} & T_{31} & T_{41} \\ T_{12} & T_{22} & T_{32} & T_{42} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ T_{14} & T_{24} & T_{34} & T_{44} \end{bmatrix}_k \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 0 \\ h \end{bmatrix}_k = h_k \begin{bmatrix} x^* \\ y^* \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}_k \quad (1)$$

(k = 1, 2)

【0010】既知の6点の三次元座標を (x_1, y_1, z_1) 、 (x_2, y_2, z_2) 、 (x_3, y_3, z_3) 、 (x_4, y_4, z_4) 、 (x_5, y_5, z_5) 、および (x_6, y_6, z_6) とすると、各変換マトリックスの要素は、

$$[T^*] = ([A^*]^T [A^*])^{-1} [A^*]^T [C] \quad (2)$$

で決定される、ただし、

【0011】

時間とともに変化する測定対象物の三次元形状を決定するステップを具備する三次元形状測定方法によって達成される。前述の第3の目的は2台のビデオカメラから、得られる各時間点の同期平面画像から、実モデルの顔面に生じる局所表情しわなどの、顔面ヒフの法線変位を含む3次元デジタルデータを求め、これらの時系列変化の各データを、筋-ヒフ連成表情解析有限要素解析システム（広島大学研究報告、46、p59～71参照）および特願平11-132922の自動メッシュ生成システムを組合せたシステムに与える事により、自動的に行なえるようにする手段が提供できる。

【0008】

【発明の実施の形態】本発明の実施形態を説明する前に、特願平9-266881号に記載された、2台のカメラで撮影した画像から三次元形状を決定する両眼立体視法について、式の導出過程を省略して簡単に説明する。物体表面の各点の三次元座標 (x, y, z) からそれを2つのカメラで撮影して得られる2つの画像の二次元座標 $(x', y')_k$ ($k=1, 2$) への変換マトリックスを次式のように定義する。

【0009】

【数1】

【数2】

$$[A'] = \begin{bmatrix} x_1 & 0 & -x_1x_1^* & y_1 & 0 & -y_1x_1^* & z_1 & 0 & -z_1x_1^* & 1 & 0 \\ 0 & x_1 & -x_1y_1^* & 0 & y_1 & -y_1y_1^* & 0 & z_1 & -z_1y_1^* & 0 & 1 \\ x_2 & 0 & -x_2x_2^* & y_2 & 0 & -y_2x_2^* & z_2 & 0 & -z_2x_2^* & 1 & 0 \\ 0 & x_2 & -x_2y_2^* & 0 & y_2 & -y_2y_2^* & 0 & z_2 & -z_2y_2^* & 0 & 1 \\ x_3 & 0 & -x_3x_3^* & y_3 & 0 & -y_3x_3^* & z_3 & 0 & -z_3x_3^* & 1 & 0 \\ 0 & x_3 & -x_3y_3^* & 0 & y_3 & -y_3y_3^* & 0 & z_3 & -z_3y_3^* & 0 & 1 \\ x_4 & 0 & -x_4x_4^* & y_4 & 0 & -y_4x_4^* & z_4 & 0 & -z_4x_4^* & 1 & 0 \\ 0 & x_4 & -x_4y_4^* & 0 & y_4 & -y_4y_4^* & 0 & z_4 & -z_4y_4^* & 0 & 1 \\ x_5 & 0 & -x_5x_5^* & y_5 & 0 & -y_5x_5^* & z_5 & 0 & -z_5x_5^* & 1 & 0 \\ 0 & x_5 & -x_5y_5^* & 0 & y_5 & -y_5y_5^* & 0 & z_5 & -z_5y_5^* & 0 & 1 \\ x_6 & 0 & -x_6x_6^* & y_6 & 0 & -y_6x_6^* & z_6 & 0 & -z_6x_6^* & 1 & 0 \\ 0 & x_6 & -x_6y_6^* & 0 & y_6 & -y_6y_6^* & 0 & z_6 & -z_6y_6^* & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$[T'] = \begin{bmatrix} T_{11} \\ T_{12} \\ T_{14} \\ T_{21} \\ T_{22} \\ T_{24} \\ T_{31} \\ T_{32} \\ T_{34} \\ T_{41} \\ T_{42} \end{bmatrix} \quad [C] = \begin{bmatrix} x_1^* \\ y_1^* \\ x_2^* \\ y_2^* \\ x_3^* \\ y_3^* \\ x_4^* \\ y_4^* \\ x_5^* \\ y_5^* \\ x_6^* \end{bmatrix}$$

【0012】である。なお、 T_{44} が1になるように正規化されている。2つの画像の各々について(2)式を適

$$[X] = [[A]^T [A]]^{-1} [A]^T [B] \quad (3)$$

で計算される。ただし、

【0013】

$$[A] = \begin{bmatrix} T_{11} - T_{14}x_1^* & T_{21} - T_{24}x_1^* & T_{31} - T_{34}x_1^* \\ T_{12} - T_{14}y_1^* & T_{22} - T_{24}y_1^* & T_{32} - T_{34}y_1^* \\ T_{11} - T_{14}x_2^* & T_{21} - T_{24}x_2^* & T_{31} - T_{34}x_2^* \\ T_{12} - T_{14}y_2^* & T_{22} - T_{24}y_2^* & T_{32} - T_{34}y_2^* \end{bmatrix}$$

$$[X] = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \quad [B] = \begin{bmatrix} x_1^* - T_{11} \\ y_1^* - T_{12} \\ x_2^* - T_{21} \\ y_2^* - T_{22} \end{bmatrix}$$

【0014】である。顔全体の三次元形状を測定する場合、人間の顔は場所によって局所平面の法線ベクトルの方向がかなり異なっているため、カメラをある一方向に固定して顔を撮影すると、カメラの向きと、顔の局所平面の法線ベクトルが大きく異なる場合は、得られる三次元座標に大きな誤差を生じる可能性があり、顔の部分によっては撮影自体が不可能な場合もある。従って、本発明の第1の実施形態に係る計測装置は、人間の顔表面上における任意の計測領域に対して正面から計測できるように、モデル10の周りで円周軌道方向(図1)、また上下方向(図2)に2台のカメラ12を移動、位置決めする機能を備える。

【0015】また、2台のカメラ12の焦点を計測領域に向けるため、図3に示すように2台のカメラを水平回転させ光線交角を調整する機能を備える。両眼立体視計測では2台のカメラより取り込んだ2枚の二次元画像から対応点を見つけることでその点の三次元座標を得る。この計測装置では線状マルチスリットをモデルに投影す

用して2つの変換マトリックスの要素が決定されたら、測定対象の3次元座標(x, y, z)は

【数3】

ることにより、顔表面に映し出されたスリットラインを基準にして2枚のカメラ画像の対応点探索を行うため、図4に示すようにスリット投影機14を搭載する。

【0016】図5は円周方向の移動のための機構を説明する図である。装置本体は、計測対象物体と対面する位置にセットされ、計測対象物体を中心としたドーナツ状の半円周軌道固定台16上にカメラ、スリット投影機などを搭載した移動計測ビークル18を載せ、ビークル18に連結させたワイヤー20を遠隔位置にセットしたステッピングモーターに巻き取らせることにより、移動計測ビークル18を円周軌道上で移動、位置決めが行えるようになっている。図示した装置は例えば左右方向に15度、30度、45度の移動、位置決めが可能である。

【0017】移動計測ビークル18は図6に示すように内部が内箱22と外箱24の二重構造になっており、内箱22の内部にセットされた上下リフト用モーター26によって内箱22が上下に移動できるようになっている。内箱22内部にはカメラ12などの計測機器がセッ

トされており、計測領域を上下にカバーできるようになっている。移動範囲は、最大150mmとなっており、ミリ単位で位置決めが行えるようになっている。

【0018】移動計測ビークル18の内箱内部には2台のカメラ12がセットされており、同様に内箱内部にセットされたステッピングモーターによって図7に示すように2台のカメラ12を水平回転させることで、2台のカメラの焦点を合わせられるようになっている。移動計測ビークル内部の2台のビデオカメラ12の間にスリット投影機28を搭載することで、常に計測領域に対して正面からスリットラインを投影でき、また2台のカメラの間のほぼ同じ高さ位置にセットできるようになっているため、計測対象物の形状が多少複雑でも比較的安定したスリットラインを撮影できる。

【0019】図8はカメラ12が撮影した画像を処理して三次元形状を計算する画像処理装置の構成を示す。図8の画像処理装置30は、パーソナルコンピュータ31、パーソナルコンピュータ31の拡張スロットに挿入される画像処理ボード32、画像処理ボード32に接続されるモニタ33及びデジタルビデオデッキ34、パーソナルコンピュータ31に接続されたプリンタ36、ハードディスク38、及びマウス40から構成される。画像処理ボード32はデジタルビデオデッキ34からの画像信号を画像メモリに格納するとともにデジタル化された画像信号をD/A変換してモニタ33に出力する。モニタ33に出力された画像を見ながら時刻ステップ毎の画像の取り込み、画像処理の実行、マウス40を使った対応点の抽出などが行なわれる。全画像データはハードディスク38に格納して任意の画像データの呼び出しを可能にしている。プリンタ36は三次元形状の測定結果を例えばワイヤフレームモデルの形で出力するために用いられる。

【0020】本計測装置は、任意の計測領域に対して正面位置から計測できるように測定対象物を中心とした半径500mmの円周軌道上、またその上下方向の任意の位置から計測ができるようになっている。しかし、その任意の計測位置においてそのつど計測基準物体を計測し、カメラパラメータの同定を行っていたのでは計測に時間がかかり、それぞれの計測位置においてカメラパラメータの誤差も生じることになり、精度が悪い。また、計測で得た三次元座標はワールド座標に変換されていないため、違う計測位置において計測した複数の三次元データを合成する際に計測三次元座標のワールド座標への変換が必要になる。

【0021】そこで、基準となる計測位置を設定することで、この問題を解決した。基準計測位置は180度の半円周軌道上で角度90度の位置における高さ0mmの位置とする。まず最初に、この基準計測位置で正面にセットした基準物体の計測・録画を行い、その時に得た基準物体の持つ6点の実空間三次元座標とカメラ画像上の二

次元座標をデータファイルとして保存しておく。このとき、実空間三次元座標は円周軌道の中心点を座標の原点として考える。以後この作業をキャリブレーションと呼ぶ。

【0022】任意の計測位置に移動した場合のカメラパラメータの決定は、図9に示すように計測基準物体を任意の計測位置に対して、基準計測位置の場合と同じように正面位置にセットしたと仮定して、データファイルに残しておいた計測基準物体の実空間三次元座標だけを計測位置に合わせて変換する。この変換した6点の実空間三次元座標を用いてカメラパラメータを算出することで任意の計測位置におけるカメラパラメータの同定が行える。

【0023】このようにして得たカメラパラメータを用いると、計測三次元座標は既にワールド座標に変換された形で算出されるため、複数の三次元データの合成が容易になる。また、一度キャリブレーションによってカメラパラメータを決定すれば、何らかの影響で誤差が生じない限り、再びキャリブレーションを行う必要はない。

【0024】図10には顔を方向、高さを変えて撮影した画像から導出した4つの三次元形状測定結果を示し、図11にはそれらを合成した結果を示す。次に、本発明の第2の実施形態に係る局所領域の表情変形過程の計測方法を説明する。この方法では、スリットの代わりに、図12に示す、直線の格子模様を描いた柔軟な生地を皮膚上に貼り付けることで、スリットによる計測方法を応用して皮膚上の点の動きを認識しつつ、三次元形状を計測する。使用する生地は、皮膚に直接張り付ける場合、皮膚の動きを拘束しないもの、例えばテーピング用アンダーラップを用いる。これは、薄いスポンジ状の生地で、伸縮性に優れているため皮膚の動きを拘束することなく変形形状を表すことができる。

【0025】計測において任意の格子点の位置座標を得る方法は、まずマルチスリットを用いた計測法を応用して、計測領域の三次元座標の算出を行う。ここで、計測データは、生地上の白ラインに沿って計測されるため、三平方の定理を用いてデータ間の三次元距離を次々と求めることで、白ラインの三次元的な長さを算出できる。そこで、算出した白ラインの三次元長さを任意の分割数で分割し、得られた分割点の三次元形状上の座標を逆算によって求め、この座標位置を格子点として決定する。

【0026】図12に示す格子模様を有する生地を目尻の皮膚に貼り付け、前述の計測装置により目尻のしわの発生による皮膚の形状変化を測定した結果を図19および図13に示す。図13には、図19に示す目尻しわについてしわを横切る方向(Y方向)の直線上にとられた各点の深さ方向(Z方向)の座標値の変化を示している。図14および図15には特願平9-266881号に記載された手法によりグリーン歪とキルヒホッフ応力を計算した結果を示す。図20、図21は、目尻付近の

眼輪筋の収縮率の変化(=ヒフの収縮率の変化)に伴う目尻しわの発生($\varepsilon_{cr} = 11\%$)や収縮率の増加に伴うしわ数やしわ深さの変化、およびしわ底を含む目尻付近のひずみや応力の変化の様子を示している。また図16は図22に示す額のしわの発生過程の測定結果を示し、図17及び図18はそれから計算されたグリーンひずみとキルヒホッフ応力を示す。また図23、図24は座屈表情しわの発生ひずみ、前頭筋の収縮率(=ヒフの収縮率)の増加に伴うしわ数やしわ深さ、しわ底ひずみやしわ底応力などの発生・成長過程が記述されている。以上のしわ計測では、しわ線直交方向の変位分布は、しわなどのかくれ線が発生すると、それと直交する方向にスプライン関数を用いて、法線変位の分布が自動的に補間される方法がとられており、これらが、しわ形状の正確な計測に寄与していることがわかる。

【0027】

【発明の効果】以上述べてきたように本発明によれば、局所平面の法線ベクトルの方向が場所によって著しく異なる対象の三次元形状の正確な測定が可能になり、また、局所領域の変形過程の正確な計測が可能になる。またこれを前述の文献(広島大研究報告、46、p59～71)に述べた方法、即ち有限要素法の増分剛性方程式を解く代りに、計測節点変位増分を用いて、ヒフなどのグリーンひずみやキルヒホッフ応力を求める方法を併用する事により、従来困難であった、*in vivo*状態で表情筋の収縮に伴う座屈表情しわの発生点(ε_{cr} :クリティカルひずみ)を検出すること、および収縮率の増加に伴う表情しわ深さやしわ数の増加およびしわ底ひずみやしわ底応力集中の成長などが、任意のモデルについてほぼ自動的に検出できるようになった。

【図面の簡単な説明】

【図1】カメラの円周軌道方向の移動の概念図である。

【図2】カメラの上下方向の移動の概念図である。

【図3】カメラの光線交角の調整の概念図である。

【図4】スリット投影機の構成の概念図である。

【図5】円周方向の移動のための機構を説明する図である。

【図6】上下移動の機構を説明する図である。

【図7】カメラの光線交角の調整機構を説明する図である。

【図8】画像処理装置の構成を示す図である。

【図9】カメラパラメータの決定を説明する図である。

【図10】方向、高さを変えて撮影した画像から算出した4つの三次元形状測定結果を示す図である。

【図11】図10の測定結果を合成した結果を示す図である。

【図12】格子模様が描かれた柔軟な生地の写真である。

【図13】目尻のしわの発生による形状変化の測定結果を示すグラフである。

【図14】目尻のしわの発生による形状変化から計算されたグリーン歪を示すグラフである。

【図15】目尻のしわの発生による形状変化から計算されたキルヒホッフ応力を示すグラフである。

【図16】額のしわの発生による形状変化の測定結果を示すグラフである。

【図17】額のしわの発生による形状変化から計算されたグリーン歪を示すグラフである。

【図18】額のしわの発生による形状変化から計算されたキルヒホッフ応力を示すグラフである。

【図19】目尻のしわの発生による皮膚の形状変化を示す図である。

【図20】目尻付近の眼輪筋の収縮率の変化に伴うひずみ分布の変化を示す図である。

【図21】目尻付近の眼輪筋の収縮率の変化に伴う応力分布の変化を示す図である。

【図22】額のしわの発生を示す図である。

【図23】前頭筋の収縮率の変化に伴うひずみ分布の変化を示す図である。

【図24】前頭筋の収縮率の変化に伴う応力分布の変化を示す図である。

【符号の説明】

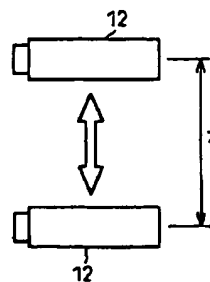
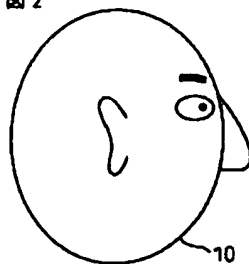
12…カメラ

14…スリット投影機

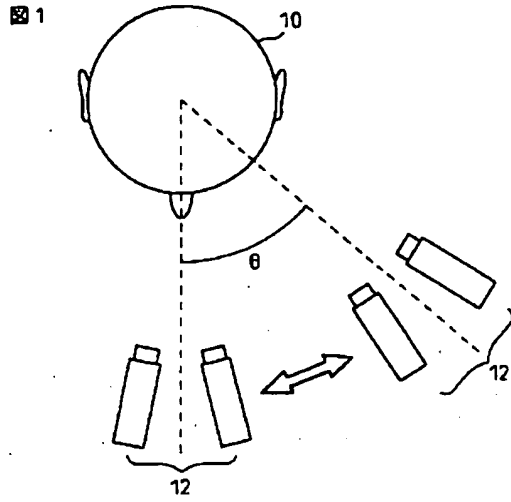
18…移動計測ビークル

【図2】

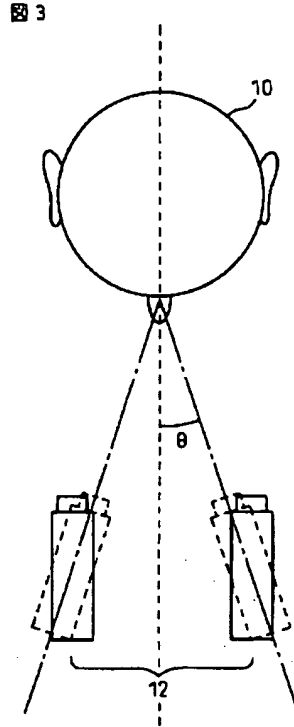
図2



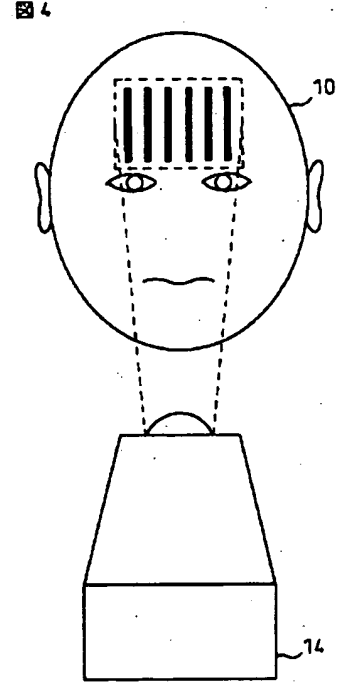
【図1】



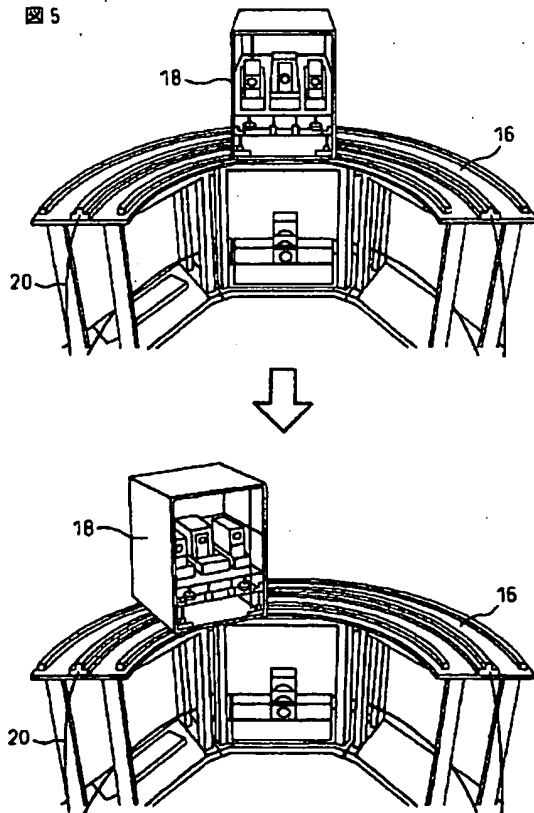
【図3】



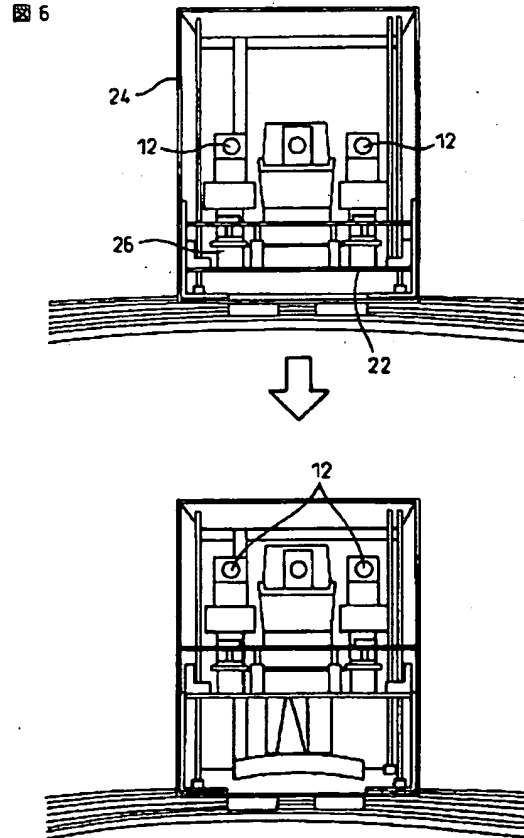
【図4】



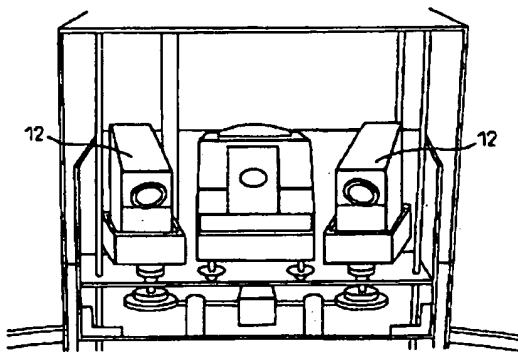
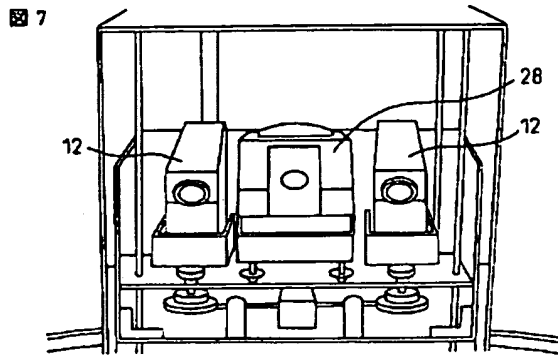
【図5】



【図6】

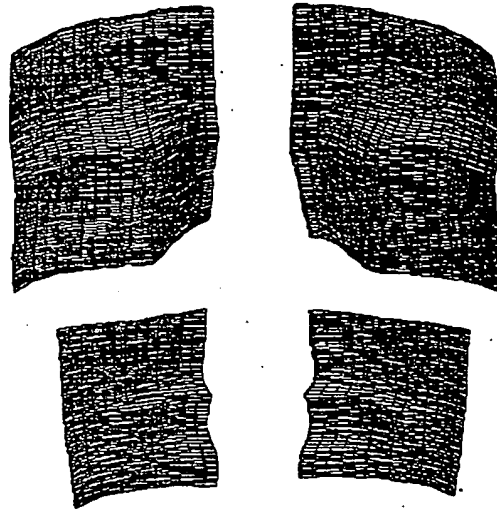


【図7】



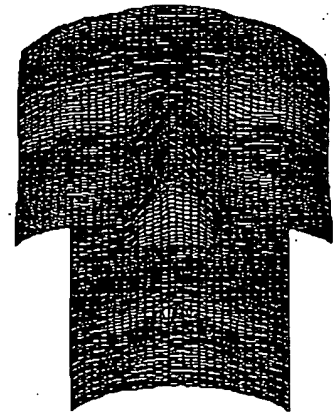
【図10】

図 10

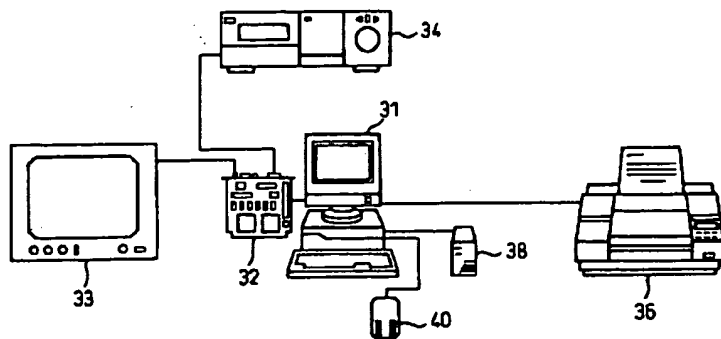


【図11】

図 11



【図8】



30

【図9】

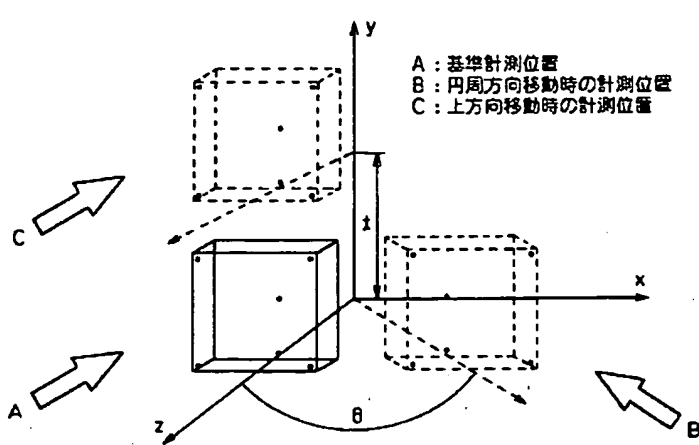
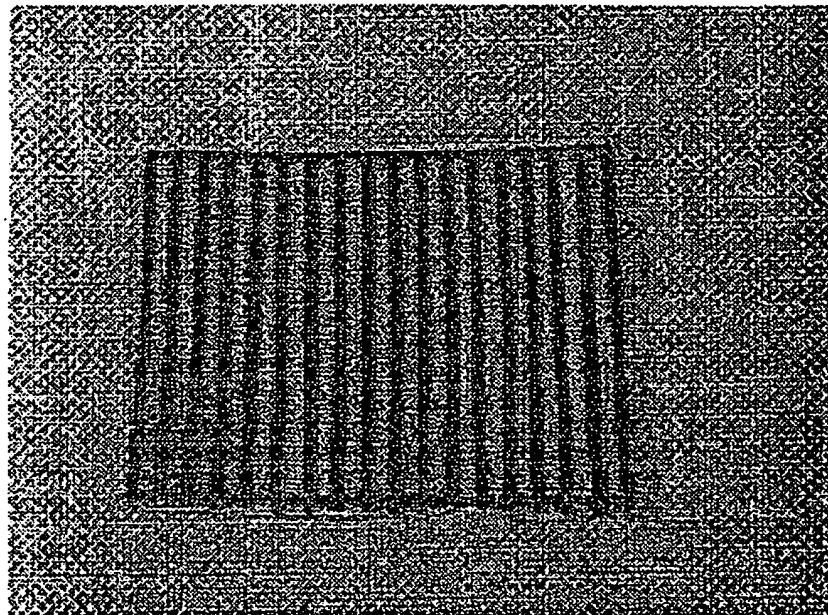


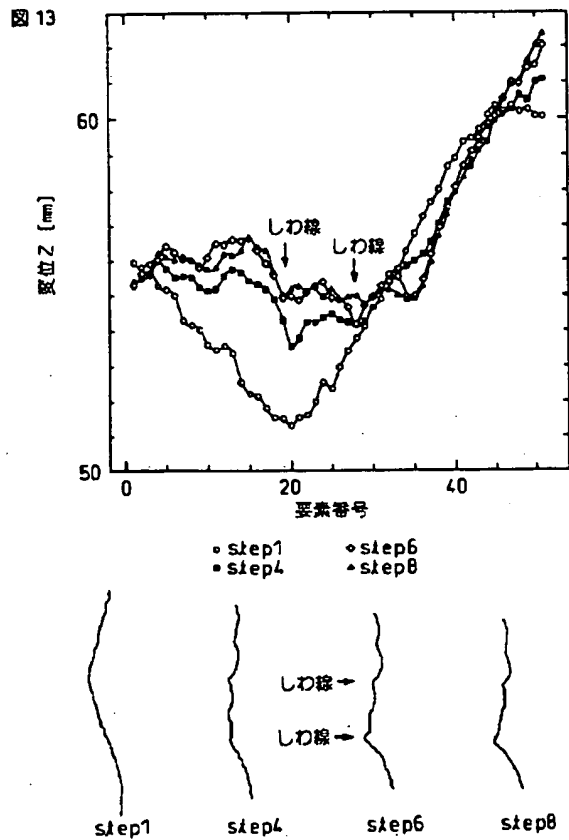
図
6

【図12】

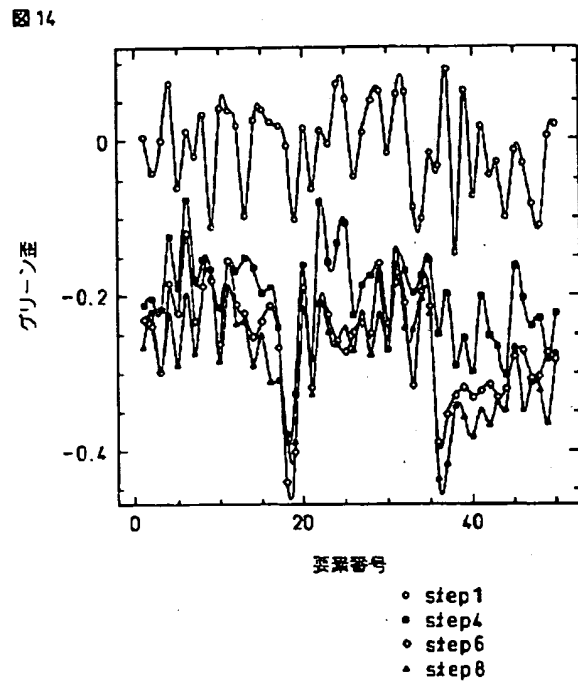
図 12



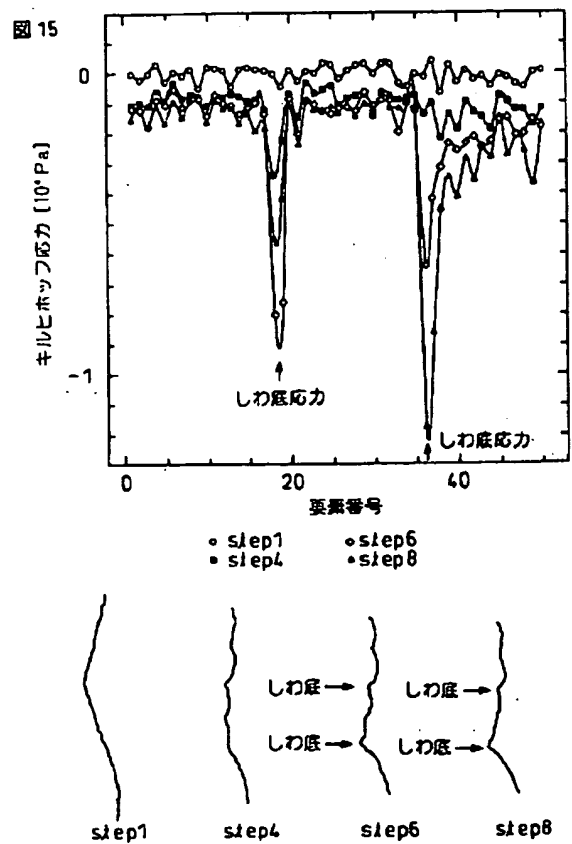
【図13】



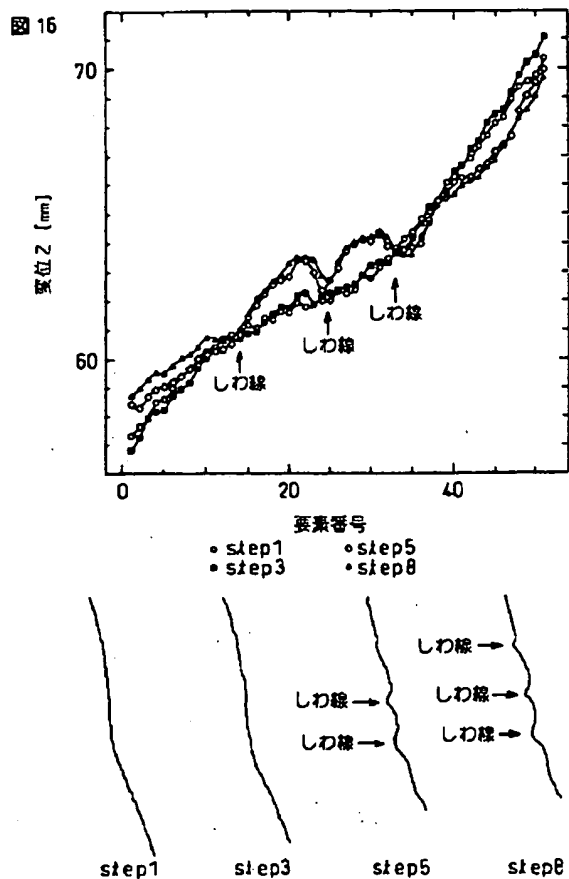
【図14】



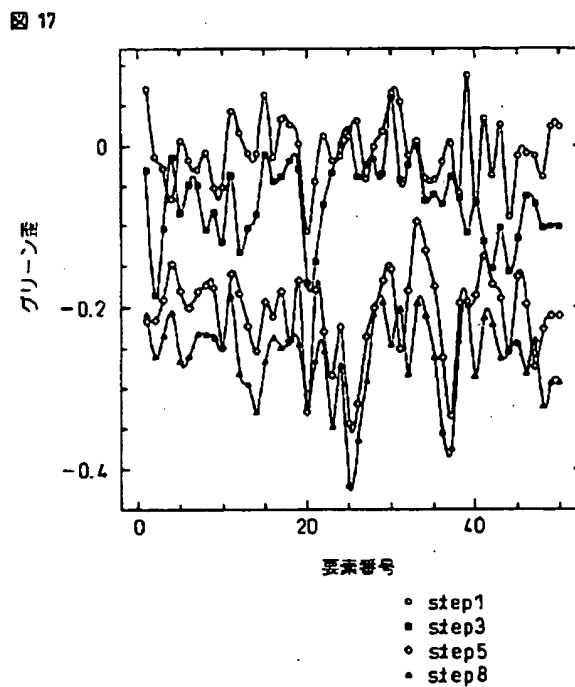
【図15】



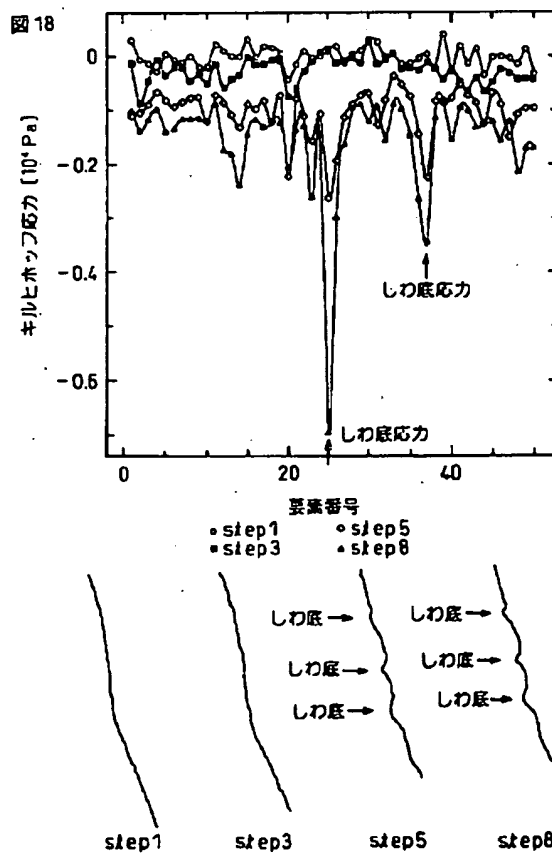
【図16】



【図17】

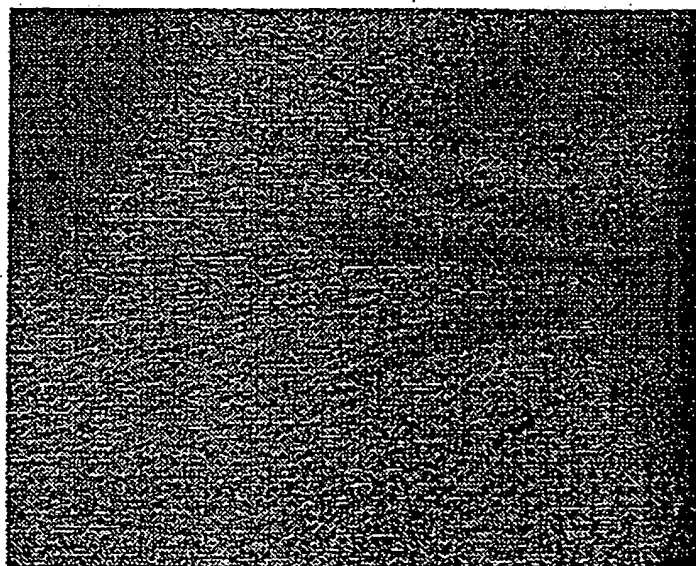
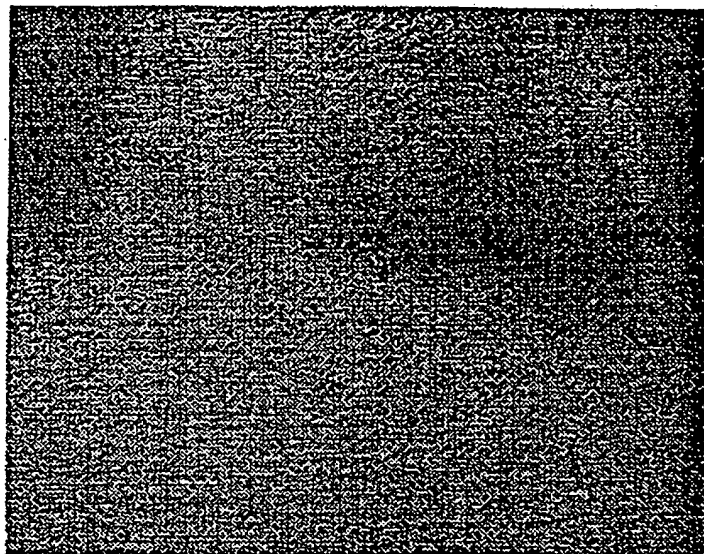


【図18】



【図19】

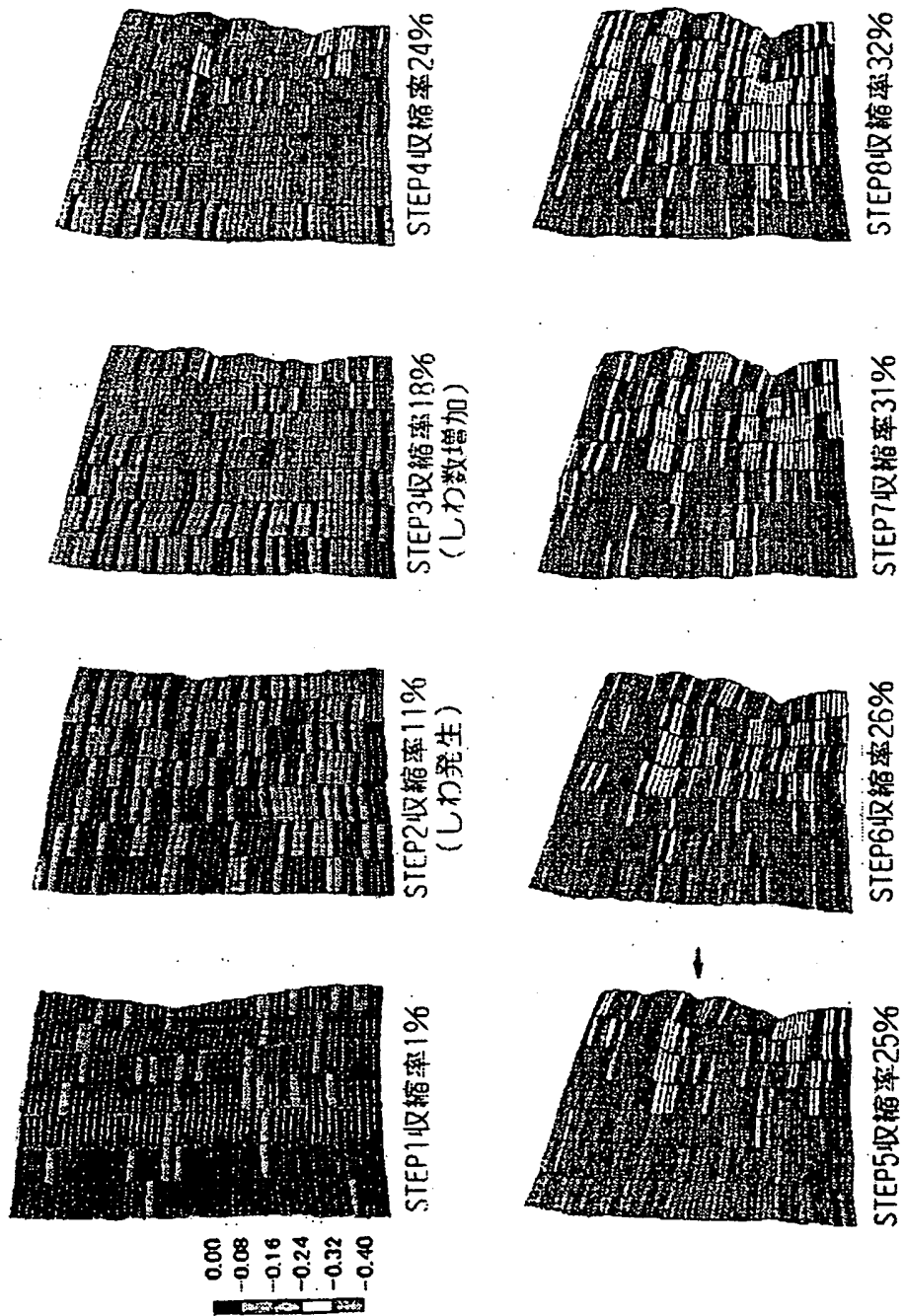
図 19



【図20】

図 20

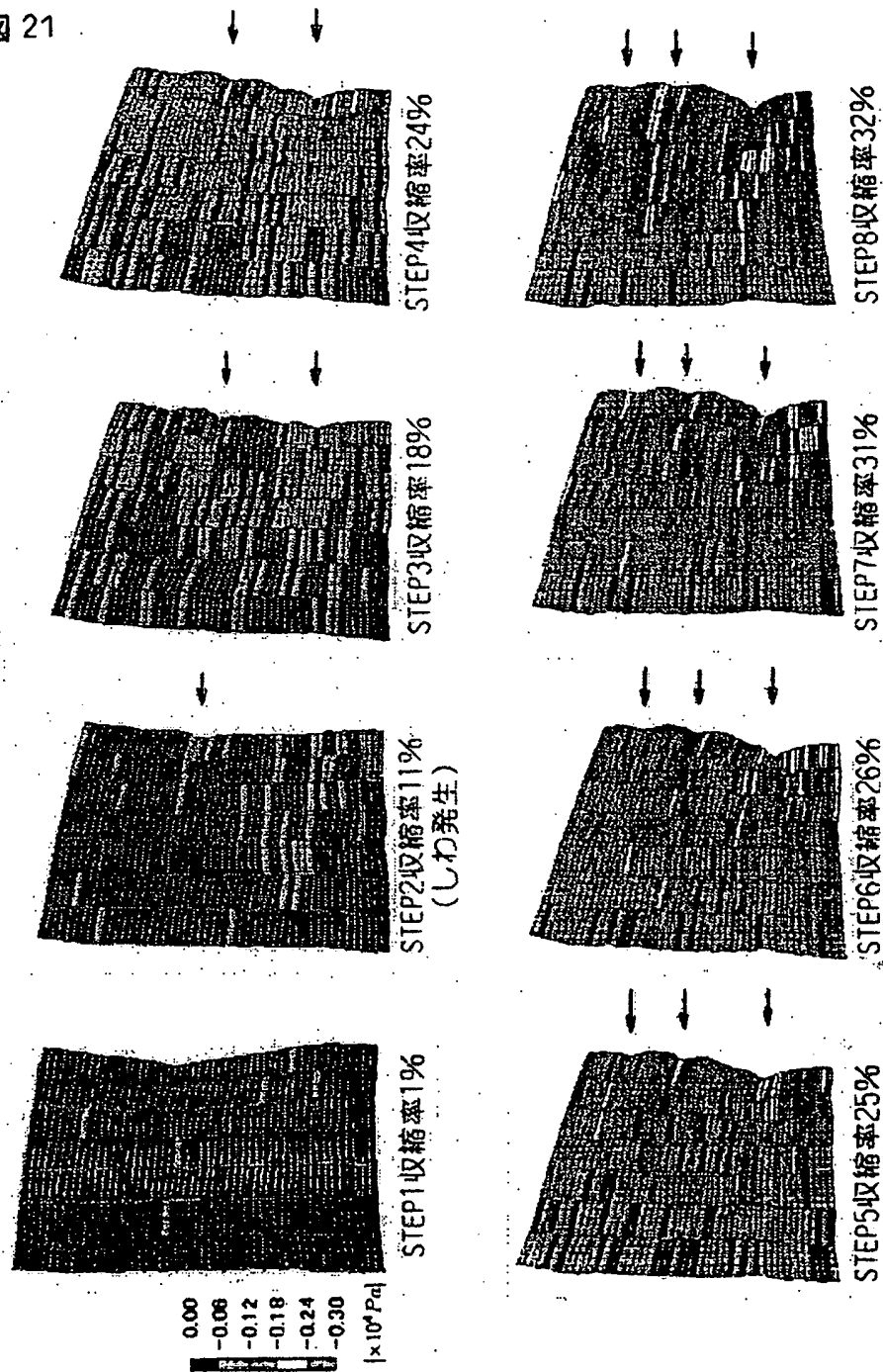
目尻付近のひずみ分布図



【図21】

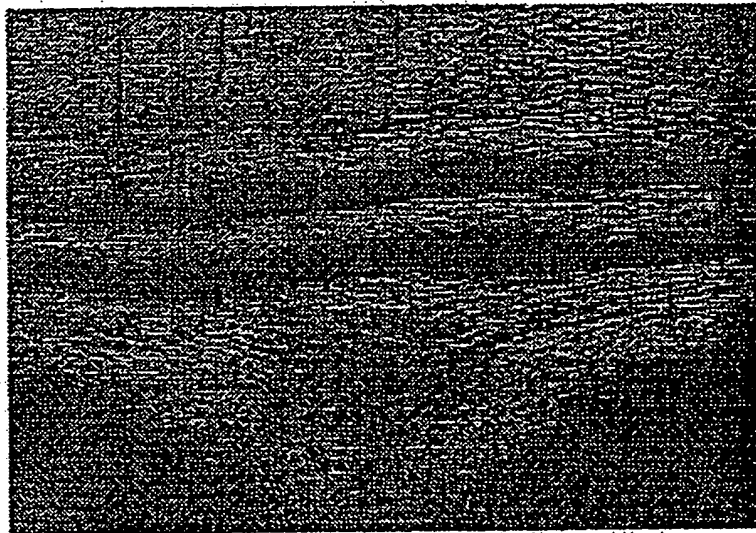
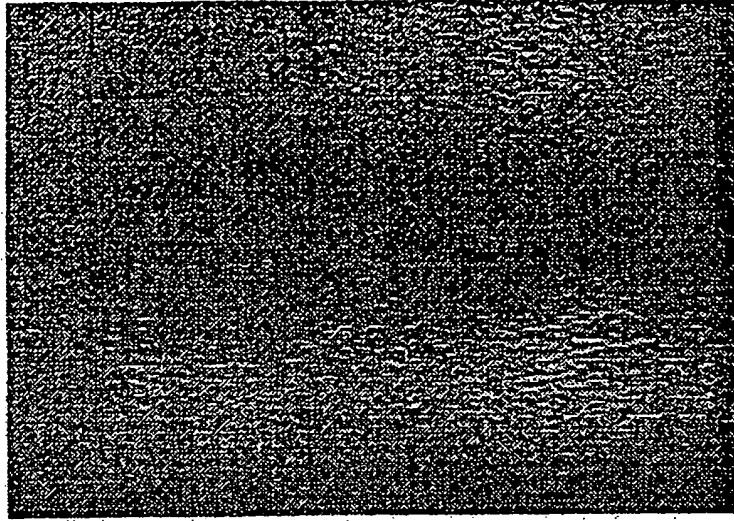
図 21

目尻付近の応力分布図



【図22】

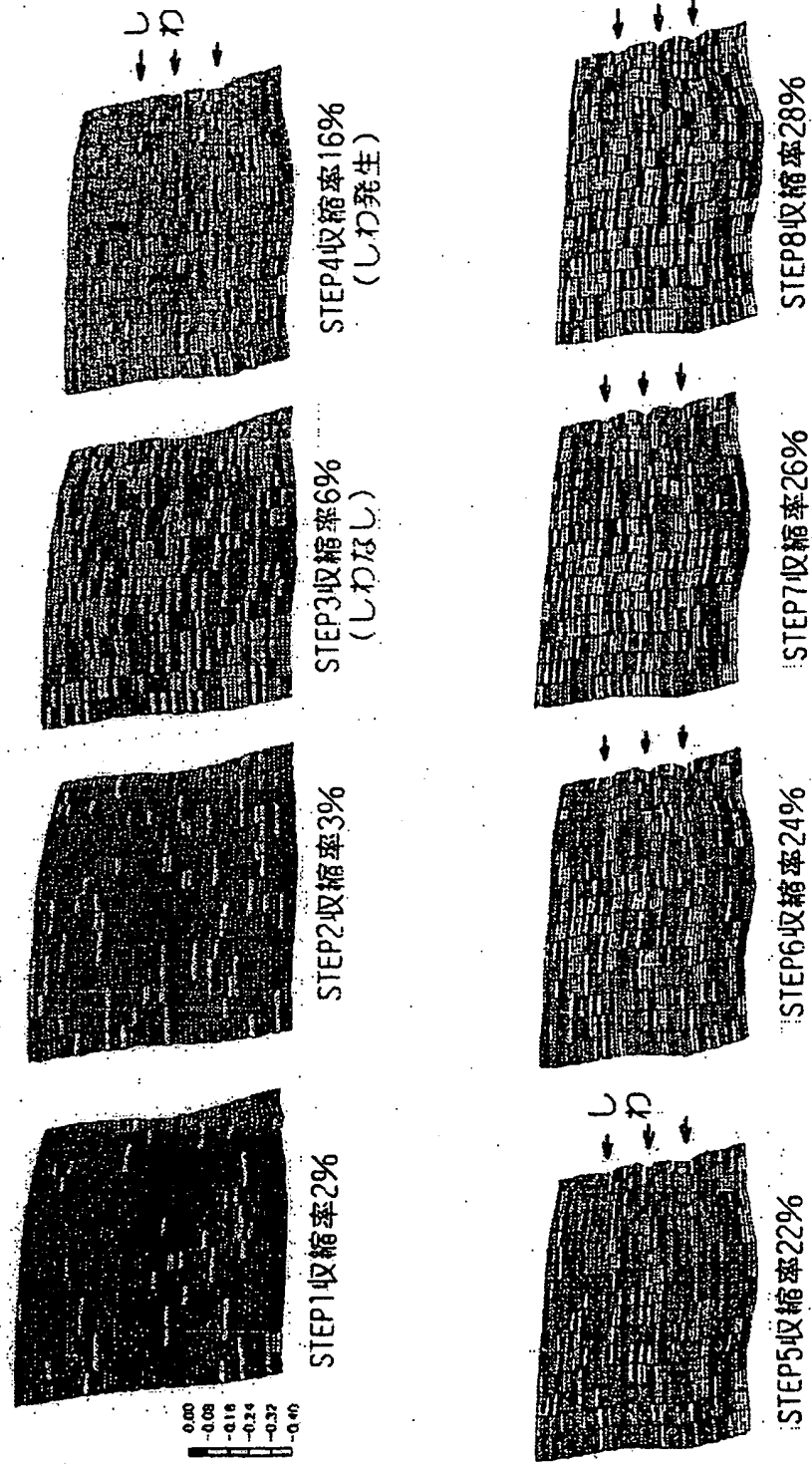
図 22



【図23】

図 23

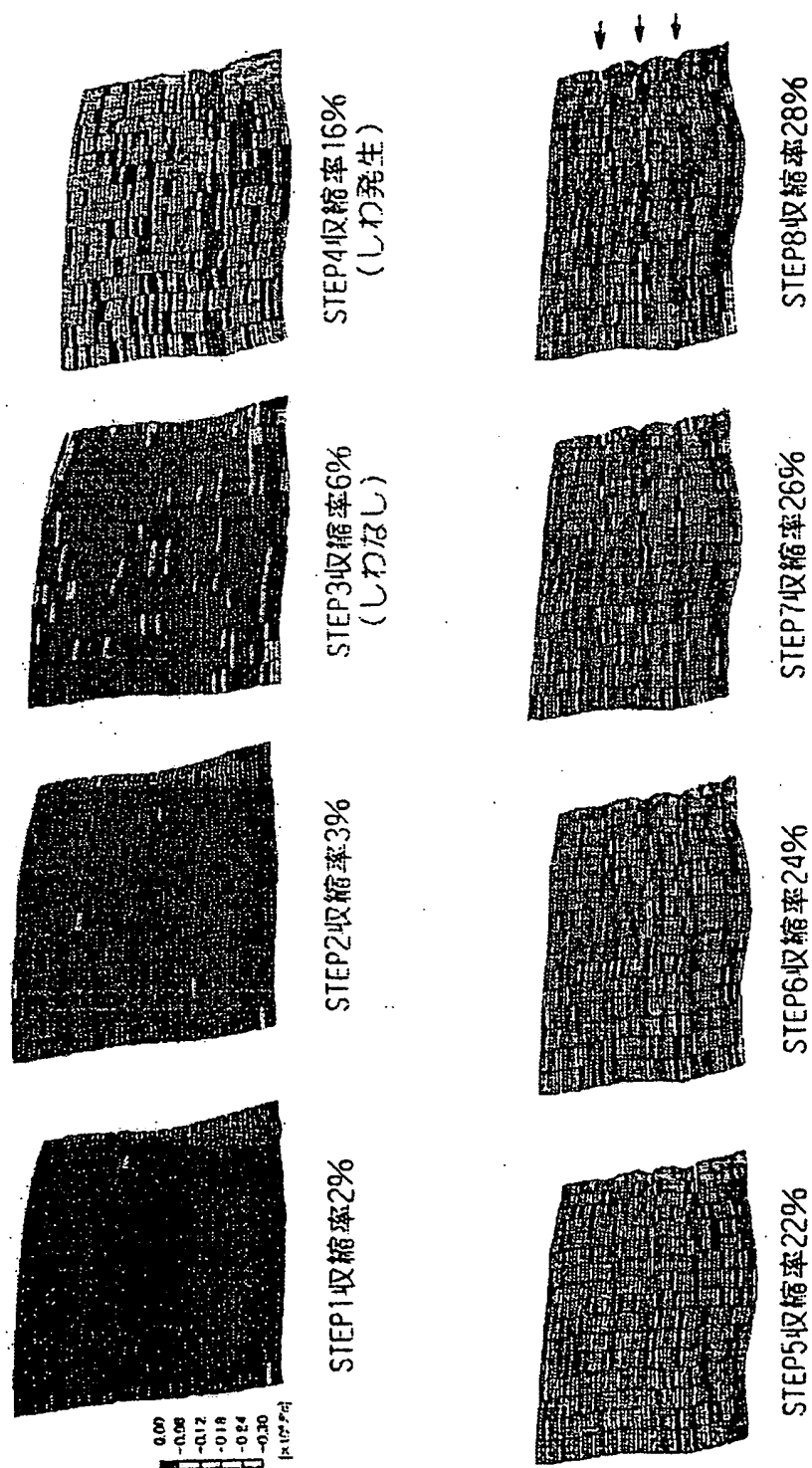
額のひずみ分布図



【図24】

図 24

額の応力分布図



フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁷
G 06 T 7/60

識別記号
200

F I
G 01 B 11/24

レコード (参考)
K

(72)発明者 藤村 朋宏
広島県東広島市鏡山一丁目四番1号 広島
大学工学部内
(72)発明者 河野 利夫
広島県東広島市鏡山一丁目四番1号 広島
大学工学部内
(72)発明者 金子 治
東京都品川区西五反田3-9-1 株式会
社資生堂ビューティーサイエンス研究所内

Fターム(参考) 2F065 AA04 AA51 AA53 AA65 BB05
CC16 FF01 FF05 FF61 HH06
JJ05 KK01 LL50 MM09 PP23
QQ00 QQ24 QQ31 QQ42 SS02
SS13 TT02 UU03
5B057 BA02 BA13 CA12 CA16 CB13
CB16 DA06 DB03 DC02
5L096 AA09 CA05 FA03 GA08

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ ~~FADED TEXT OR DRAWING~~
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ ~~GRAY SCALE DOCUMENTS~~
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.